

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESSENS

# PCT

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>R. 34709 St/Kat</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/DE 99/ 03329</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>16/10/1999</b>
(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>30/10/1998</b>	
Anmelder  <b>ROBERT BOSCH GMBH et al.</b>	

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

### 1. Grundlage des Berichts

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

### 4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☒ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

**VERFAHREN UND FUNKSTATION FÜR DIE ÜBERTRAGUNG VON VORVERZERRTEN SIGNALEN  
ÜBER MEHRERE FUNKKANÄLE**

### 5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 2

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

☐ keine der Abb.

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7    H04B7/04    H04L25/03		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7    H04B    H04L		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	EP 0 776 101 A (DEUTSCHE TELEKOM AG) 28. Mai 1997 (1997-05-28)  Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 Spalte 2, Zeile 57 - Spalte 3, Zeile 57 Spalte 4, Zeile 33 - Spalte 5, Zeile 13 Spalte 6, Zeile 42 - Spalte 7, Zeile 24 Spalte 11, Zeile 27 - Zeile 57 --- -/--	1-3, 9, 10  4-8, 11-13
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  6. März 2000		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts  10/03/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Sieben, S

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	RAPAJIC P B ET AL: "LINEAR ADAPTIVE TRANSMITTER-RECEIVER STRUCTURES FOR ASYNCHRONOUS CDMA SYSTEMS" EUROPEAN TRANSACTIONS ON TELECOMMUNICATIONS AND RELATED TECHNOLOGIES, IT, AEI, MILANO, Bd. 6, Nr. 1, 1. Januar 1995 (1995-01-01), Seiten 21-27, XP000502746 ISSN: 1120-3862	7,8,11
A	Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Seite 21, rechte Spalte, Zeile 7 - Zeile 27 Seite 22, linke Spalte, Absatz 6 - rechte Spalte, Absatz 5 ----	1,9
Y	GB 2 313 261 A (MOTOROLA LTD) 19. November 1997 (1997-11-19) Zusammenfassung; Abbildungen 1,4,5,7 Seite 2, Zeile 4 - Zeile 18 Seite 4, Zeile 8 - Zeile 16 Seite 12, Zeile 32 - Seite 14, Zeile 27 ----	4-6,12, 13
A	EP 0 866 567 A (ALSTHOM CGE ALCATEL) 23. September 1998 (1998-09-23) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,4 Spalte 1, Zeile 50 - Spalte 2, Zeile 14 Spalte 2, Zeile 45 - Spalte 3, Zeile 8 Spalte 4, Zeile 18 - Zeile 52 Spalte 5, Zeile 41 - Spalte 6, Zeile 12 Spalte 6, Zeile 38 - Zeile 57 Spalte 8, Zeile 5 - Zeile 13 ----	1-3,9, 10,12
A	FR 2 735 937 A (THOMSON CSF) 27. Dezember 1996 (1996-12-27) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 Seite 2, Zeile 1 - Zeile 23 Seite 5, Zeile 9 - Zeile 20 Seite 10, Zeile 13 - Zeile 19 Seite 11, Zeile 5 - Zeile 8 Ansprüche 1,3,7,8 -----	1,2,9,10

5

10

Verfahren für die Übertragung von Signalen zwischen einer  
ersten Funkstation und einer zweiten Funkstation und  
Funkstation

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht von einem Verfahren für die Übertragung  
von Signalen zwischen einer ersten Funkstation und einer  
zweiten Funkstation und von Funkstationen nach der Gattung  
der unabhängigen Ansprüche aus.

20

Aus der Deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen  
198 18 215 ist bereits ein Verfahren für die Übertragung von  
Signalen zwischen einer Basisstation und mehreren  
Mobilstationen über Funkkanäle bekannt, wobei die Daten  
unterschiedlicher Mobilstationen mit unterschiedlichen Codes  
gespreizt werden. In einem Modulator wird eine Vorentzerrung  
der zu übertragenden Signale vorgenommen.

25

30

Werden vorentzerrte Datensignale über einen Mehrwege-  
Übertragungskanal an einen Empfänger versendet, so können  
durch starke Fading-Einbrüche Übertragungsfehler auftreten.  
Unter Fading versteht man dabei Amplitudenschwankungen, die  
beim Mehrwegeempfang eines übertragenen Signals auftreten  
können.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäßen  
5 Funkstationen mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche  
haben demgegenüber den Vorteil, daß die vorentzerrten  
Signale über mehrere Funkkanäle von einer Sendevorrichtung  
der ersten Funkstation an eine Empfangsvorrichtung der  
zweiten Funkstation übertragen werden. Auf diese Weise wird  
10 gewährleistet, daß an der zweiten Funkstation der Empfang  
von vorentzerrten Signalen ohne wesentlichen  
Amplitudeneinbruch erfolgt.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind  
15 vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des  
Verfahrens und der Funkstationen gemäß den unabhängigen  
Ansprüchen möglich.

Besonders vorteilhaft ist es, daß von mehreren Antennen der  
20 Sendevorrichtung der ersten Funkstation jeweils ein  
vorentzerrtes Signal abgestrahlt und über je einen Funkkanal  
an die Empfangsvorrichtung der zweiten Funkstation  
übertragen wird, wobei für jeden Funkkanal eine Schätzung  
einer Impulsantwort in der ersten Funkstation ermittelt wird  
25 und wobei eine Vorentzerrung des von der jeweiligen Antenne  
abzustrahlenden Signals in Abhängigkeit der Schätzung der  
Impulsantwort des zugehörigen Funkkanals vorgenommen wird.  
Auf diese Weise wird gewährleistet, daß die Übertragung von  
Signalen zwischen der ersten Funkstation und der zweiten  
30 Funkstation über mehrere Funkkanäle bei der Vorentzerrung  
berücksichtigt wird. Somit kann auch bei einer Übertragung  
über mehrere Funkkanäle auf eine Entzerrung der empfangenen  
Signale in der zweiten Funkstation verzichtet werden, so daß  
Aufwand in der zweiten Funkstation eingespart wird.

Eine genaue Schätzung der Impulsantwort des zugehörigen Funkkanals ergibt sich, wenn von einer Antenne der zweiten Funkstation ein Referenzsignal über die Funkkanäle an die erste Funkstation übertragen wird und die Schätzung der Impulsantwort des jeweiligen Funkkanals aus einem Empfang des Referenzsignals über den jeweiligen Funkkanal in der ersten Funkstation abgeleitet wird.

Eine Entzerrung für einen mehrkanaligen Empfang von Signalen der ersten Funkstation in der zweiten Funkstation ist auch dann nicht erforderlich, wenn gemäß einer zweiten Ausführungsform ein von der Sendevorrichtung der ersten Funkstation abgestrahltes vorentzerrtes Signal über je einen Funkkanal von mehreren Antennen der Empfangsvorrichtung der zweiten Funkstation empfangen wird, wobei in der ersten Funkstation eine Schätzung einer Gesamtimpulsantwort aller Funkkanäle ermittelt wird und wobei eine Vorentzerrung des von der ersten Funkstation abustrahlenden Signals in Abhängigkeit der Schätzung der Gesamtimpulsantwort vorgenommen wird. Auch auf diese Weise wird für die Vorentzerrung des von der ersten Funkstation abustrahlenden Signals die mehrkanalige Übertragung zwischen der ersten Funkstation und der zweiten Funkstation berücksichtigt.

Eine genaue Schätzung der Gesamtimpulsantwort ist dabei durch Übertragung jeweils eines Referenzsignals über den zugehörigen Funkkanal von den Antennen der zweiten Funkstation an die erste Funkstation möglich, wobei die Schätzung der Gesamtimpulsantwort aus einem überlagerten Empfang der Referenzsignale in der ersten Funkstation abgeleitet wird. Von der ersten Funkstation an die zweite Funkstation übertragene vorentzerrte Signale brauchen dann in der zweiten Funkstation lediglich linear kombiniert zu werden und können ohne Entzerrung anschließend einer

Demodulation zugeführt werden. Auch auf diese Weise wird Aufwand in der zweiten Funkstation eingespart.

5 Besonders vorteilhaft ist es, daß jedes Referenzsignal in Abhängigkeit des für seine Übertragung verwendeten Funkkanals mit einem Koeffizienten multipliziert wird und daß bei der linearen Kombination der von den Antennen der Empfangsvorrichtung gebildeten Empfangssignale jedes  
10 Empfangssignal mit dem Koeffizienten des für seine Übertragung verwendeten Funkkanals multipliziert wird. Durch geeignete Wahl der Koeffizienten läßt sich dabei eine Richtcharakteristik der Antennen der zweiten Funkstation in Richtung zur ersten Funkstation realisieren, so daß eine Übertragung von Signalen zwischen der ersten Funkstation und  
15 der zweiten Funkstation auch weniger Sendeleistung erfordert.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß zwischen der ersten Funkstation oder der zweiten Funkstation und weiteren  
20 Funkstationen über weitere Funkkanäle Signale übertragen werden, wobei die mit den Signalen übertragenen Daten unterschiedlicher Funkstationen mit unterschiedlichen Codes gespreizt werden, und daß die Vorentzerrung im Modulator der ersten Funkstation in Abhängigkeit aller unterschiedlicher  
25 Codes und der Übertragungseigenschaften aller Funkkanäle vorgenommen wird. Auf diese Weise läßt sich die Vorentzerrung weiter verbessern, so daß auch sogenannte Inter-Symbol-Interferenzen (ISI) zwischen übertragenen Datensymbolen einer Funkstation und Multiple-Access-  
30 Interferenzen (MAI), d. h. Störungen durch andere Funkstationen, bei der Vorentzerrung berücksichtigt werden, so daß auch solche Störungen keine Entzerrung in der zweiten Funkstation erfordern.

## Zeichnung

5 Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 den allgemeinen Aufbau eines Mobilfunksystems bzw. eines Mobiltelefonsystems, Figur 2 ein  
10 Blockschaltbild einer ersten Ausführungsform für eine erste und eine zweite Funkstation, Figur 3 eine zweite Ausführungsform für die erste und die zweite Funkstation und Figur 4 einen zeitlichen Ablaufplan des erfindungsgemäßen Verfahrens.

## 15 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In der Figur 1 wird schematisch eine Funkzelle eines zellularen Mobiltelefonsystems bzw. Mobilfunksystems mit einer als Basisstation ausgebildeten ersten Funkstation 1,  
20 einer als Mobilstation ausgebildeten zweiten Funkstation 2 sowie weiteren ebenfalls als Mobilstationen ausgebildeten Funkstationen 3 dargestellt. Wesentlich an diesem System ist, daß ein Austausch von Daten immer nur zwischen der Basisstation 1 und den Mobilstationen 2, 3 erfolgt und kein  
25 direkter Datenaustausch zwischen den Mobilstationen 2, 3 möglich ist. Entsprechend werden die Basisstation 1 auch als Zentralstation und die Mobilstationen 2, 3 als Peripheriestationen bezeichnet. Der Austausch von Daten zwischen der Basisstation 1 und den Mobilstationen 2, 3 erfolgt durch Funkübertragung. Die Funkübertragung von der  
30 Basisstation 1 zu einer der Mobilstationen 2, 3 wird dabei als Downlink und die Datenübertragung von einer der Mobilstationen 2, 3 zur Basisstation 1 als Uplink bezeichnet. Bei einem derartigen, in der Figur 1  
35 dargestellten System, mit einer Zentral- oder Basisstation 1



und mehreren Peripherie- oder Mobilstationen 2, 3 ist festzulegen, wie die Daten für die verschiedenen Mobilstationen 2, 3 moduliert werden, damit sie in den Empfängern der verschiedenen Mobilstationen 2, 3 getrennt detektiert werden können. Bei dem System nach Figur 1 handelt es sich um ein sogenanntes CDMA-System (Code Division Multiple Access), bei dem für die Datenübertragung ein gemeinsames Frequenzband zur Verfügung steht, wobei sich die einzelnen Funkkanäle zwischen der Basisstation 1 und den jeweiligen Mobilstationen 2, 3 hinsichtlich eines Codes unterscheiden, mit dem das Signal für die entsprechende Mobilstation 2, 3 gespreizt wird. Eine solche Codierung ist jedoch nicht erforderlich, wenn neben der Basisstation 1 nur eine einzige Mobilstation 2, 3 in der Funkzelle vorhanden ist. Im folgenden wird der Fall beschrieben, in dem mehrere Mobilstationen 2, 3 neben der Basisstation 1 in der Funkzelle vorgesehen sind. Durch die Spreizung mit dem Code wird dabei jedes Signal, das zwischen der Basisstation 1 und einer bestimmten Mobilstation 2, 3 ausgetauscht werden soll, über das gesamte zur Verfügung stehende Spektrum verteilt. Jedes einzelne zu übertragende Informationsbit wird dabei in eine Vielzahl kleiner "Chips" zerlegt. Dadurch wird die Energie eines Bits über das gesamte Frequenzspektrum verteilt, welches dem CDMA-System zur Verfügung steht. In Figur 2 wird ein CDMA-System anhand einer Downlink-Übertragung näher erläutert. Die Figur 2 zeigt wiederum die als Basisstation ausgebildete erste Funkstation 1 und die als Mobilstation ausgebildete zweite Funkstation 2. Die Basisstation 1 umfaßt dabei eine erste Antenne 50. Die zweite Funkstation 2 umfaßt eine dritte Antenne 60 und eine vierte Antenne 65. Die erste Funkstation 1 und die zweite Funkstation 2 tauschen somit Daten über einen ersten Funkkanal 20 und einen zweiten Funkkanal 25 aus. Der erste Funkkanal 20 beschreibt dabei eine Übertragungsstrecke zwischen der ersten Antenne 50 und der dritten Antenne 60.

Der zweite Funkkanal 25 beschreibt eine Übertragungsstrecke zwischen der ersten Antenne 50 und der vierten Antenne 65. Die erste Funkstation 1 umfaßt einen ersten Modulator 4, der die Datenströme von Datenquellen 70 für die Übertragung über den ersten Funkkanal 20 und den zweiten Funkkanal 25 aufbereitet. Dazu benötigt der erste Modulator 4 noch Codeinformationen, die von einem Codegenerator 5 zur Verfügung gestellt werden. Exemplarisch werden in der Figur 2 zwei Pfeile von den Datenquellen 70 zum ersten Modulator 4 und zwei Pfeile vom Codegenerator 5 zum ersten Modulator 4 gezeigt, die zwei unterschiedliche Datenströme bzw. zwei unterschiedliche Codeinformationen repräsentieren. In einem realen System wird eine wesentlich größere Anzahl von Datenströmen und Codeinformationen gleichzeitig verarbeitet. Der erste Modulator 4 erzeugt aus den Datenströmen und den Codeinformationen ein Sendesignal, welches der zweiten Funkstation 2 und den weiteren Funkstationen 3 zugesendet wird. In Figur 2 wird exemplarisch nur die zweite Funkstation 2 als empfangende Mobilstation dargestellt. Wäre nur die zweite Funkstation 2 als empfangende Mobilstation in der Funkzelle zur Versorgung mit einem einzigen Datenstrom vorgesehen, so würde in der ersten Funkstation 1 nur eine Codeinformation benötigt. Die erste Funkstation 1 sendet jedoch in der Regel gleichzeitig über entsprechende Funkkanäle auch zu den weiteren Funkstationen 3, deren jeweilige Daten ebenfalls mit verschiedenen Codes moduliert sind. Die weiteren Funkstationen 3 werden aus Vereinfachungsgründen in Figur 2 nicht dargestellt.

Der Codegenerator 5 erzeugt Codes in Abhängigkeit von gewählten Funkverbindungen zu den Mobilstationen 2, 3. Die mit den Signalen zu übertragenden Daten werden im ersten Modulator 4 mit diesen Codes gespreizt.

Bei der Übertragung zwischen der ersten Funkstation 1 und der zweiten Funkstation 2 treten nun eine Vielzahl von Störungen auf. Eine erste Störung wird dabei als ISI (Intersymbolinterferenz) bezeichnet und resultiert daher, daß ein ausgesandtes Funksignal über mehrere verschiedene Pfade zum Empfänger gelangen kann, wobei sich die Ankunftszeiten beim Empfänger geringfügig unterscheiden. Es handelt sich somit um eine Störung, die in dem betreffenden Funkkanal dadurch entsteht, daß zeitlich vorhergehend ausgesandte Signale aktuell empfangene Signale stören (daher: Inter-Symbol-Interferenz). Eine weitere Störung erfolgt dadurch, daß mehrere Datenströme gleichzeitig übertragen werden, die sich nur hinsichtlich des Codes unterscheiden. Diese Störung tritt auf, wenn die Basisstation 1 mit mehreren Mobilstationen 2, 3 gleichzeitig in Funkkontakt steht, was bei modernen Mobiltelefonsystemen den Regelfall darstellt. Es handelt sich somit um eine Störung, die von den Signalen unterschiedlicher Benutzer ausgeht und die daher auch als MAI (multiple access interference) bezeichnet wird.

Figur 2 zeigt auch den Empfangsteil der als Mobilstation ausgebildeten zweiten Funkstation 2, die zum Empfang von Downlink-Daten über den ersten Funkkanal 20 und den zweiten Funkkanal 25 bestimmt ist. Dafür ist ein erster Demodulator 7 vorgesehen, der die über die dritte Antenne 60 und die vierte Antenne 65 empfangenen Funksignale verarbeitet. Der erste Demodulator 7 verarbeitet die empfangenen Signale, um daraus einen Datenstrom für einen Datennutzer 8 zu erzeugen. Wenn die übertragenen Daten z. B. Sprachinformationen darstellen, handelt es sich bei dem Datennutzer 8 um einen Sprachdecoder, bei anderen Daten beispielsweise um einen Rechner oder um ein Fax-Gerät. In der Regel weisen Mobilstationen nur einen einzigen Datennutzer 8 und somit auch nur einen einzigen Datenstrom auf. Bei völlig

ungestörter Übertragung über den ersten Funkkanal 20 und den zweiten Funkkanal 25 bräuchte der erste Demodulator 7 zur Demodulation nur die Codeinformation der zu detektierenden Daten für den Datennutzer 8 zu kennen. Aufgrund der oben  
5 beschriebenen Störungen ist dies jedoch nicht ausreichend. Daher ist in der Basisstation 1 zusätzlich noch ein erster Kanalschätzer 11 vorgesehen, der Informationen über die Übertragungseigenschaften aller Funkkanäle zwischen der Basisstation 1 und den Mobilstationen 2, 3 zur Verfügung  
10 stellt. Der erste Modulator 4 erzeugt dabei ein Sendesignal, welches sowohl die ISI als auch die MAI berücksichtigt. Dabei ist das Sendesignal jeweils so ausgelegt, daß jede der Mobilstationen 2, 3 beim Empfang, soweit dies möglich ist, ein störungsfreies Signal erhält. Dabei werden sowohl die  
15 Störungen, die durch die gleichzeitige Verwendung mehrerer Codes entstehen, als auch die Störungen, die durch die Übertragungseigenschaften der einzelnen Funkkanäle entstehen, berücksichtigt. Entsprechend einfach ist dann in Figur 2 der Empfänger der Daten, d. h. die zweite  
20 Funkstation 2 aufgebaut. Diese weist den ersten Demodulator 7 auf, der das Signal der dritten Antenne 60 und der vierten Antenne 65 erhält. Diesem ersten Demodulator 7 muß noch die Codeinformation für den betreffenden Datenstrom von einem weiteren Codegenerator 9 zur Verfügung gestellt werden,  
25 woraus dann der erste Demodulator 7 den Datenstrom für den Datennutzer 8 erzeugt. Die zweite Funkstation 2 läßt sich somit besonders einfach aufbauen.

In Figur 2 wurde dargestellt, daß bei der Downlink-  
30 Übertragung vorteilhafterweise alle Störungen der Funkkanäle 20, 25 in der sendenden Station, bei Downlink-Übertragung also in der Basisstation 1, berücksichtigt werden. Der Downlink-Teil der zweiten Funkstation 2 und der weiteren Funkstationen 3 kann daher besonders einfach aufgebaut sein.  
35 Um diese Mobilstationen 2, 3 auch für den Uplink-Pfad, d. h.

für das Senden von Daten von der jeweiligen Mobilstation 2, 3 zur Basisstation 1 einfach zu halten, könnte für diese Übertragung ein Verfahren gemäß dem Artikel von A. Klein, G. K. Kaleh und P.W. Beier: "Zero forcing and minimum mean - square - error equalization for multi user detection in code - division - multiple - access channels" IEEE Trans. Vehic. Tech. Bd. 45 (1996), S. 276 - 287 verwendet werden, bei dem die Berücksichtigung der ISI und der MAI in der empfangenden Station, d. h. wieder in der Basisstation 1 erfolgt. Dazu wäre dann der erste Kanalschätzer 11 zusätzlich mit dem zweiten Demodulator 75 verbunden. Es wird auf diese Weise ein System möglich, bei dem die Mobilstationen 2, 3 besonders einfach aufgebaut sind, da die Berücksichtigung von ISI und MAI ausschließlich in der Basisstation 1 erfolgt. In einem entsprechenden TDD-System (Time Division Duplex), bei dem die Downlink-Übertragung und die Uplink-Übertragung in benachbarten Slots im gleichen Frequenzband stattfindet, ist es auch sehr einfach möglich, die Kanalübertragungseigenschaften durch den ersten Kanalschätzer 11 in der Basisstation 1 zu erhalten, indem die Eigenschaften der jeweiligen Übertragungskanäle durch Auswertung der empfangenen Uplink-Daten in der Basisstation 1 ermittelt werden können. Weiterhin kann die entsprechende Kanalimpulsantwort bzw. Kanalqualität auch durch ein Datentelegramm von der entsprechenden Mobilstation 2, 3 an die Basisstation 1 übermittelt werden.

Wird für die Übertragung von der ersten Funkstation 1 zur zweiten Funkstation 2 nur ein einziger Funkkanal verwendet, so kann es trotz der Vorentzerrung des zu übertragenden Signals in der ersten Funkstation 1 zu Amplituden-einbrüchen des entsprechenden Empfangssignals bei der zweiten Funkstation 2 kommen. Die auch als Fading bezeichneten Amplitudenschwankungen des in der zweiten Funkstation 2 empfangenen Signals resultieren dabei aus Mehrwegeempfang

oder Funkabschattungen bei Bewegung der als Mobilstation ausgebildeten zweiten Funkstation 2 beispielsweise in der Nähe von Gebäuden. Um den Amplitudenschwankungen aufgrund von Mehrwegeempfang vorzubeugen, erfolgt die Übertragung  
5 zwischen der ersten Funkstation 1 und der zweiten Funkstation 2 über die zwei Funkkanäle 20, 25. Dies wird im folgenden anhand von Figur 2 näher erläutert. Der erste Funkkanal 20 bildet dabei eine Übertragungsstrecke zwischen der ersten Antenne 50 und der dritten Antenne 60 und der  
10 zweite Funkkanal 25 bildet eine Übertragungsstrecke zwischen der ersten Antenne 50 und der vierten Antenne 65. Tritt auf einer der beiden Übertragungsstrecken ein Amplitudeneinbruch des auf dieser Übertragungsstrecke übertragenen Signals ein, so kann das Signal noch über die andere der beiden  
15 Übertragungsstrecken mit ausreichender Amplitude in der zweiten Funkstation 2 empfangen werden.

Die erste Funkstation 1 umfaßt weiterhin eine erste Sende-/Empfangsvorrichtung 30, die einen Antennenschalter und  
20 gegebenenfalls Sende-/Empfangsverstärker umfaßt, und einen zweiten Demodulator 75. Die erste Antenne 50 ist eine Sende-/Empfangsantenne, so daß der Antennenschalter in der ersten Sende-/Empfangsvorrichtung 30 zur Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsrichtung dient. In der Senderichtung  
25 verbindet der Antennenschalter der ersten Sende-/Empfangsvorrichtung 30 den ersten Modulator 4 mit der ersten Antenne 50. In der Empfangsrichtung verbindet der Antennenschalter der ersten Sende-/Empfangsvorrichtung 30 die erste Antenne 50 mit dem zweiten Demodulator 75, der  
30 empfangene Signale demoduliert und an eine oder mehrere Datensenken weiterleitet. Die dem zweiten Demodulator 75 zugeführten empfangenen Signale werden außerdem dem ersten Kanalschätzer 11 zugeführt, der eine Schätzung einer Gesamtimpulsantwort der beiden Funkkanäle 20, 25 zwischen  
35 der ersten Funkstation 1 und der zweiten Funkstation 2

ermittelt und diese Schätzung an den ersten Modulator 4 weiterleitet. Die Vorentzerrung des von der ersten Antenne 50 der ersten Funkstation 1 abzustrahlenden Signals wird dann im ersten Modulator 4 in Abhängigkeit der Schätzung der Gesamtimpulsantwort vorgenommen. In der zweiten Funkstation 2 ist die dritte Antenne 60 mit einer dritten Sende-/Empfangsvorrichtung 40 und die vierte Antenne 65 mit einer vierten Sende-/Empfangsvorrichtung 45 verbunden. Die dritte Antenne 60 und die vierte Antenne 65 sind dabei ebenfalls jeweils als Sende-/Empfangsantenne ausgebildet, so daß in der dritten Sende-/Empfangsvorrichtung 40 und in der vierten Sende-/Empfangsvorrichtung 45 jeweils ein Antennenschalter vorgesehen ist, um zwischen den beiden Übertragungsrichtungen umschalten zu können. Die zweite Funkstation 2 umfaßt einen zweiten Modulator 6, der im Sendefall über den jeweiligen Antennenschalter der dritten Sende-/Empfangsvorrichtung 40 und der vierten Sende-/Empfangsvorrichtung 45 sowohl mit der dritten Antenne 60 als auch mit der vierten Antenne 65 verbunden wird. Im Empfangsfall verbindet der jeweilige Antennenschalter der dritten Sende-/Empfangsvorrichtung 40 und der vierten Sende-/Empfangsvorrichtung 45 die dritte Antenne 60 und die vierte Antenne 65 über ein Summationsglied 80 mit dem ersten Demodulator 7. Vor der Summation der beiden Empfangssignale durch das Summationsglied 80 wird das von der dritten Sende-/Empfangsvorrichtung 40 gelieferte Empfangssignal mit einem ersten Koeffizienten  $c_1$  und das von der vierten Sende-/Empfangsvorrichtung 45 gelieferte Empfangssignal mit einem zweiten Koeffizienten  $c_2$  multipliziert. Umgekehrt werden im Sendefall dem zweiten Modulator 6 zugeführte Sendedaten nach ihrer Modulation im zweiten Modulator 6 einerseits mit dem ersten Koeffizienten  $c_1$  multipliziert und über die dritte Sende-/Empfangsvorrichtung 40 der dritten Antenne 60 zugeführt und andererseits mit dem zweiten Koeffizienten  $c_2$

multipliziert und über die vierte Sende-/Empfangsvorrichtung 45 der vierten Antenne 65 zugeführt.

5 Durch entsprechende Wahl der Koeffizienten  $c_1$ ,  $c_2$  läßt sich eine Richtwirkung oder Richtcharakteristik der von der dritten Antenne 60 und der vierten Antenne 65 abustrahlenden bzw. zu empfangenden Signale realisieren, die vorteilhafterweise auf die erste Funkstation 1 ausgerichtet ist. Auch auf diese Weise kann Signaleinbrüchen durch Fading entgegengewirkt werden. Über das Summationsglied 80 werden die von der dritten Antenne 60 und der vierten Antenne 65 gelieferten Empfangssignale linear kombiniert und anschließend der Demodulation im ersten Demodulator 7 zugeführt. Der erste Koeffizient  $c_1$  ist dabei dem ersten Funkkanal 20 und der zweite Koeffizient  $c_2$  dem zweiten Funkkanal 25 zugeordnet. Im zweiten Modulator 6 können Referenzsignale gebildet werden, die nach Multiplikation mit dem ersten Koeffizienten  $c_1$  bzw. mit dem zweiten Koeffizienten  $c_2$  über den zugehörigen Funkkanal 20, 25 an die erste Funkstation 1 übertragen werden. Die Schätzung der Gesamtimpulsantwort im ersten Kanalschätzer 11 wird dabei aus dem überlagerten Empfang der Referenzsignale in der Basisstation 1 abgeleitet.

25 In Figur 3 kennzeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente wie in Figur 2. Im Unterschied zu Figur 2 umfaßt nun die erste Funkstation 1 neben der ersten Antenne 50 auch eine zweite Antenne 55, wohingegen die zweite Funkstation 2 nur die dritte Antenne 60 umfaßt. Der erste Funkkanal 20 charakterisiert in Figur 3 nun die Übertragungsstrecke zwischen der ersten Antenne 50 und der dritten Antenne 60 und der zweite Funkkanal 25 charakterisiert die Übertragungsstrecke zwischen der zweiten Antenne 55 und der dritten Antenne 60. Somit ist gemäß Figur 3 in der zweiten Funkstation 2 nur die dritte Sende-/Empfangsvorrichtung 40



erforderlich, die wiederum für die beiden möglichen Übertragungsrichtungen einen Antennenschalter umfaßt, der einerseits den zweiten Modulator 6 mit der dritten Antenne 60 und andererseits den ersten Demodulator 7 mit der dritten Antenne 60 in Abhängigkeit der Übertragungsrichtung verbindet. Die erste Funkstation 1 hingegen umfaßt nun neben der ersten Sende-/Empfangsvorrichtung 30 eine zweite Sende-/Empfangsvorrichtung 35, die ebenfalls einen Antennenschalter umfaßt, der die zweite Antenne 55 zum Senden mit dem ersten Modulator 4 und zum Empfangen mit dem zweiten Demodulator 75 und über einen zweiten Kanalschätzer 12 wiederum mit dem ersten Modulator 4 verbindet. Der zweite Kanalschätzer 12 kann zusätzlich wie in Figur 3 dargestellt ebenfalls mit dem zweiten Demodulator 75 verbunden sein, um ISI und MAI von empfangenen Signalen zu eliminieren.

Auf diese Weise wird von der ersten Antenne 50 und von der zweiten Antenne 55 jeweils ein vorentzerrtes Signal abgestrahlt und über den ersten Funkkanal 20 bzw. über den zweiten Funkkanal 25 an die dritte Sende-/Empfangsvorrichtung 40 übertragen, wobei für den ersten Funkkanal 20 eine Schätzung seiner Impulsantwort im ersten Kanalschätzer 11 und für den zweiten Funkkanal 25 eine Schätzung seiner Impulsantwort im zweiten Kanalschätzer 12 ermittelt wird. Die Vorentzerrung des von der ersten Antenne 50 abzustrahlenden Signals wird dann in Abhängigkeit der Schätzung der Impulsantwort des ersten Funkkanals 20 und der Schätzung der Impulsantwort des zweiten Funkkanals 25 im ersten Modulator 4 vorgenommen und die Vorentzerrung des von der zweiten Antenne 55 abzustrahlenden Signals wird in Abhängigkeit der Schätzung der Impulsantwort des ersten Funkkanals 20 und der Schätzung der Impulsantwort des zweiten Funkkanals 25 im ersten Modulator 4 vorgenommen. Dabei wird von der dritten Antenne 60 der zweiten Funkstation 2 ein Referenzsignal über die beiden Funkkanäle

20, 25 und die erste Antenne 50 und die zweite Antenne 55 an die erste Funkstation 1 übertragen. Die Schätzung der Impulsantwort des ersten Funkkanals 20 wird dann aus dem Empfang des Referenzsignals über den ersten Funkkanal 20 im ersten Kanalschätzer 11 abgeleitet und die Schätzung der Impulsantwort des zweiten Funkkanals 25 wird aus dem Empfang des Referenzsignals über den zweiten Funkkanal 25 im zweiten Kanalschätzer 12 abgeleitet.

Die Vorentzerrung des von der ersten Antenne 50 und von der zweiten Antenne 55 abzustrahlenden Signals erfolgt in Abhängigkeit aller in der Funkzelle der ersten Funkstation 1 aktuell verwendeten Codes und der Übertragungseigenschaften aller dort aktuell verwendeten Funkkanäle, die in den beiden Kanalschätzern 11, 12 ermittelt werden. Dies gilt auch für das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 unter Verwendung nur der ersten Antenne 50 für die Abstrahlung von Signalen von der ersten Funkstation 1 und unter Verwendung nur des ersten Kanalschätzers 11.

Es kann auch vorgesehen sein, sowohl die erste Funkstation 1 als auch die zweite Funkstation 2 mit jeweils zwei Antennen auszustatten, so daß sich vier Funkkanäle ergeben, die einen noch besseren Schutz gegen Fading ermöglichen. In der ersten Funkstation 1 und in der zweiten Funkstation 2 können auch beliebig mehr Antennen verwendet werden, so daß eine beliebige Anzahl von Funkkanälen zwischen der ersten Funkstation 1 und der zweiten Funkstation 2 eingerichtet werden kann, wobei mit zunehmender Anzahl von Funkkanälen zwischen der ersten Funkstation 1 und der zweiten Funkstation 2 der Einfluß von Fading auf die Signalübertragung abnimmt.

Es kann auch vorgesehen sein, die Vorentzerrung statt in der Basisstation 1 in den Mobilstationen 2, 3 in entsprechender

Weise vorzusehen. Das mehrkanalige Übertragungsverfahren zwischen der Basisstation 1 und den Mobilstationen 2, 3, die im folgenden als Nutzer bezeichnet werden, und bei dem die Übertragungseigenschaften aller Funkkanäle (ISI) und die Codes aller Funkkanäle (MAI) berücksichtigt werden, wird im folgenden durch mathematische Formeln beschrieben. Diese Formeln können entweder durch ein entsprechendes Programm oder entsprechende Hardwarebausteine, die diese Formeln implementieren, realisiert werden.

Figur 4 zeigt einen zeitlichen Ablauf bei TDD-Betrieb mit Vorentzerrung. Bei einem ersten Schritt 100 sendet die zweite Funkstation 2 Referenzsignale zur Schätzung der Übertragungseigenschaften der beiden Funkkanäle 20, 25 an die erste Funkstation 1. Diese Kanalschätzung wird bei einem zweiten Schritt 105 nach Empfang der Referenzsignale in der ersten Funkstation 1 durchgeführt. Anschließend findet im ersten Modulator 4 der ersten Funkstation 1 eine Vorentzerrung der an die Funkstation 2 zu übertragenden Signale in einem dritten Schritt 110 statt. Die vorentzerrten Signale werden dann von der zweiten Funkstation 2 in einem vierten Schritt 115 empfangen und brauchen dort nicht mehr entzerrt zu werden.

Als erstes Beispiel soll dabei die zweikanalige Übertragung zwischen der ersten Antenne 50 und der dritten Antenne 60 bzw. der vierten Antenne 65 gemäß Figur 2 beschrieben werden. Dabei soll die zweite Funkstation 2 einen von mehreren Nutzern darstellen.

Es sei ein zeitdiskretes Mehrfachübertragungssystem mit blockweiser Übertragung vorausgesetzt.

Sei  $\underline{d}^{(k)} = (d^{(k)}_1, \dots, d^{(k)}_M)$ ,  $k = 1, \dots, K$  der Vektor der  $M$  zu übertragenden Datensymbole eines Datenblocks des  $k$ -ten Nutzers.  $\underline{d} = (\underline{d}^{(1)}, \dots, \underline{d}^{(K)})$  bezeichnet die Zusammenfassung aller zu übertragender Datensymbole. Jedem der  $K$  Nutzer sei ein

CDMA-Code  $\underline{c}^{(k)} = (c^{(k)}_1, \dots, c^{(k)}_Q)$ ,  $k=1, \dots, K$ , der Länge  $Q$  zugeordnet. Durch Spreizung der zu übertragenden Datenbits mit den CDMA-Codes, wird jedes Bit auf  $Q$  sogenannte Chips verteilt. Eine Chiptaktperiode beträgt dabei genau  $1/Q$  der Bittaktperiode. Mit der Code-Matrix

$$C^{(k)} = \underbrace{\begin{pmatrix} \underline{c}^{(k)T} & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \underline{c}^{(k)T} \end{pmatrix}}_M \Bigg\}_{M \cdot Q, k=1, \dots, K}$$

$\underline{c}^{(k)T}$  = transponierter Vektor  $\underline{c}^{(k)}$

des  $k$ -ten Nutzers, läßt sich die Spreizung eines Datenblocks des  $k$ -ten Nutzers schreiben als:

$$C^{(k)} \cdot \underline{d}^{(k)T}$$

Der gesamte Block von  $M$  Datenbits wird dabei auf  $M \cdot Q$  Chips verteilt. Die Aneinanderreihung der Chiptaktsignale sämtlicher Nutzer ergibt sich zu

$$C \cdot \underline{d}^T$$

wobei die Matrix

$$C = \begin{pmatrix} C^{(1)} & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & C^{(K)} \end{pmatrix}$$

die Code-Matrizen aller Nutzer zusammenfaßt.

Die Signale werden nach der Modulation erfindungsgemäß linear vorentzerzt. In den Figuren 2 und 3 werden die hier

mathematisch getrennt behandelten Schritte der Modulation und Vorentzerrung durch den ersten Modulator 4 vorgenommen. Die Vorentzerrung sei durch die Matrix  $P$  beschrieben. Es resultiert das Sendesignal  $\underline{s}$ :

$$\underline{s}^T = P \cdot C \cdot \underline{d}^T$$

$\underline{s}$  erreicht den  $k$ -ten Nutzer über die zwei Funkkanäle 20, 25 gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2. Seien durch  $\underline{h}^{(k,l)} = (h_1^{(k,l)}, \dots, h_W^{(k,l)})$ ,  $k=1, \dots, K$ ,  $l=1, 2$ , die Impulsantworten der beiden Funkkanäle 20, 25 zum  $k$ -ten Nutzer bezüglich der Chiptaktfrequenz gegeben.  $W$  ist die Anzahl der Chiptaktperioden über die ein Mehrwegeempfang berücksichtigt wird. Durch den Mehrwegkanal werden die Datenblöcke der Chiptaktlänge  $M \cdot Q$  auf  $M \cdot Q + W - 1$  Chiptakte ausgedehnt. Die letzten  $W - 1$  Chipkarte überlagern dabei die ersten  $W - 1$  Chipkarte des nächsten Datenblocks. Der Demodulator des  $k$ -ten Nutzers empfängt außer dem Mehrwegesignal je Funkkanal 20, 25 i.a. additives Rauschen

$\underline{n}^{(k,l)} = (n^{(k,l)}_1, \dots, n^{(k,l)}_{M \cdot Q + W - 1})$ ,  $k=1, \dots, K$ ;  $l=1, 2$  der Länge  $M \cdot Q + W - 1$ . Mit den Matrizen

$$H^{(k,l)} = \underbrace{\begin{pmatrix} h^{(k,l)}_1 & 0 & 0 \\ \vdots & \ddots & 0 \\ h^{(k,l)}_W & \vdots & h^{(k,l)}_1 \\ 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & h^{(k,l)}_W \end{pmatrix}}_{M \cdot Q} \left. \vphantom{\begin{pmatrix} h^{(k,l)}_1 & 0 & 0 \\ \vdots & \ddots & 0 \\ h^{(k,l)}_W & \vdots & h^{(k,l)}_1 \\ 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & h^{(k,l)}_W \end{pmatrix}} \right\} M \cdot Q + W - 1$$

$$D = \underbrace{\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & \dots \end{pmatrix}}_{M \cdot Q \cdot K} \Bigg\}^{M \cdot Q}$$

5 erhält der Demodulator des  $k$ -ten Nutzers des Systems also die beiden Empfangssignale

$$\underline{r}^{(k,l)T} = H^{(k,l)} \cdot D \cdot P \cdot C \cdot \underline{d}^T + \underline{n}^{(k,l)T}, l=1,2, k=1,\dots,K$$

10

Hierbei summiert die Matrix  $D$  die vorentzerrten Chiptaktsignale aller Nutzer, um sie über eine Antenne abstrahlen zu können.

15

Die beiden Empfangssignale  $\underline{r}^{(k,l)}, l=1,2, k=1,\dots,K$  werden durch das Summationsglied 80 zunächst linear kombiniert zu

$$\underline{r}^{(k)} = c_1 \underline{r}^{(k,1)} + c_2 \underline{r}^{(k,2)}$$

20

Ein geeigneter Demodulator des  $k$ -ten Nutzers entsprechend Figur 2 kann als einfaches 'matched filter' ausgebildet sein, welches das empfangene Chiptaktsignal mit den CDMA-Codes des gewünschten Datensignals entspreizt. Dieser

25 'matched filter'-Empfänger (1-Finger-Rake-Empfänger) zum  $k$ -ten Nutzercode  $\underline{c}^{(k)}$

$$R^{(k)} = \underbrace{\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & & \\ \underline{c}^{(k)T} & 0 & \\ 0 & & 0 \\ 0 & 0 & \underline{c}^{(k)T} \end{pmatrix}}_M \left. \vphantom{\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & & \\ \underline{c}^{(k)T} & 0 & \\ 0 & & 0 \\ 0 & 0 & \underline{c}^{(k)T} \end{pmatrix}} \right\} M \cdot Q + W - 1$$

demoduliert die linear kombinierten Empfangssignale zu

$$\hat{\underline{d}}^{(k)T} = R^{(k)H} \cdot \underline{r}^{(k)T}$$

$R^{(k)H}$  = konjugiert komplexe transponierte Matrix  $R^{(k)}$

Mit den Zusammenfassungen

$$R = \begin{pmatrix} R^{(1)} & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & R^{(K)} \end{pmatrix}$$

$$H = \begin{pmatrix} c_1 H^{(1,1)} + c_2 H^{(1,2)} & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & c_1 H^{(K,1)} + c_2 H^{(K,2)} \end{pmatrix}$$

$$\underline{n} = (c_1 \cdot \underline{n}^{(1,1)} + c_2 \cdot \underline{n}^{(1,2)}, \dots, c_1 \cdot \underline{n}^{(K,1)} + c_2 \cdot \underline{n}^{(K,2)})$$

erhält man als Gesamtvektor aller demodulierter Signale:

$$\hat{\underline{d}} = R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D \cdot P \cdot C \cdot \underline{d}^T + R^H \cdot \underline{n}^T$$

Die  $M \cdot K \times M \cdot Q \cdot K$  Matrix  $R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D$  hat i.a. den Rang  $M \cdot K$ . Daher ist  $(R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D) \cdot (R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D)^H$  invertierbar und es existiert

$$P = (R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D)^H \cdot [(R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D) \cdot (R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D)^H]^{-1} \cdot \underline{d}^T \cdot \frac{1}{\|C \cdot \underline{d}^T\|^2} \cdot (C \cdot \underline{d}^T)^H$$

Mit dieser Wahl wird

$$\hat{\underline{d}}^T = \underline{d}^T + R^H \cdot \underline{n}^T$$

$R^H$  liefert also die gesendeten Datensymbole  $\underline{d}^T$  und additives Rauschen. Trotz Verwendung eines sehr einfachen Empfängers enthält das detektierte Signal weder ISI noch MAI. Diese Störungen werden senderseitig durch Vorentzerrung beseitigt.

H kann einfach durch den ersten Kanalschätzer 11 der ersten Funkstation 1 geschätzt werden.

Ein zur Kanalschätzung in der Uplink-Übertragung gesendetes Referenzsignal  $\underline{p}^{(k)}$  des  $k$ -ten Nutzers wird über die dritte Antenne 60 in der Form  $c_1 \cdot \underline{p}^{(k)}$  und über die vierte Antenne 65 in der Form  $c_2 \cdot \underline{p}^{(k)}$  versendet. Die Basisstation 1 empfängt daher das entsprechende Signal

$H^{(k,1)} \cdot c_1 \cdot \underline{p}^{(k)} + H^{(k,2)} \cdot c_2 \cdot \underline{p}^{(k)} = c_1 \cdot H^{(k,1)} \cdot \underline{p}^{(k)} + c_2 \cdot H^{(k,2)} \cdot \underline{p}^{(k)}$  und schätzt die Gesamtimpulsantwort beider Funkkanäle 20, 25 des  $k$ -ten Nutzers zu  $\underline{h}^{(k)} = c_1 \cdot \underline{h}^{(k,1)} + c_2 \cdot \underline{h}^{(k,2)}$ .

Als zweites soll das Verfahren zur Signalübertragung zwischen der Basisstation 1 und den Mobilstationen 2, 3 gemäß Figur 3 beschrieben werden, wobei die mehrkanalige



Übertragung zwischen der Basisstation 1 und jeder der Mobilstationen 2, 3 über jeweils zwei Funkkanäle 20, 25 erfolgt, wobei zwischen der ersten Antenne 50 und der dritten Antenne 60 sowie zwischen der zweiten Antenne 55 und der dritten Antenne 60 gemäß Figur 3 übertragen wird.

Es sei wiederum ein zeitdiskretes Mehrfachübertragungssystem mit blockweiser Übertragung vorausgesetzt.

Sei  $\underline{d}^{(k)} = (d^{(k)}_1, \dots, d^{(k)}_M)$ ,  $k=1, \dots, K$  der Vektor der  $M$  zu übertragenden Datensymbole eines Datenblocks des  $k$ -ten Nutzers.  $\underline{d} = (\underline{d}^{(1)}, \dots, \underline{d}^{(K)})$  bezeichnet die Zusammenfassung aller zu übertragender Datensymbole. Jedem der  $K$  Nutzer sei ein CDMA-Code  $\underline{c}^{(k)} = (c^{(k)}_1, \dots, c^{(k)}_Q)$ ,  $k=1, \dots, K$ , der Länge  $Q$  zugeordnet. Durch Spreizung der zu übertragenden Datenbits mit den CDMA-Codes, wird jedes Bit auf  $Q$  sogenannte Chips verteilt. Eine Chiptaktperiode beträgt dabei genau  $1/Q$  der Bittaktperiode. Mit der Code-Matrix

$$C^{(k)} = \underbrace{\begin{pmatrix} \underline{c}^{(k)T} & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \underline{c}^{(k)T} \end{pmatrix}}_M \Bigg\}_{M \cdot Q, k=1, \dots, K}$$

$$\underline{c}^{(k)T} = \text{transponierter Vektor } \underline{c}^{(k)}$$

des  $k$ -ten Nutzers, läßt sich die Spreizung eines Datenblocks des  $k$ -ten Nutzers schreiben als:

$$C^{(k)} \cdot \underline{d}^{(k)T}$$

Der gesamte Block von  $M$  Datenbits wird dabei auf  $M \cdot Q$  Chips verteilt. Die Aneinanderreihung der Chiptaktsignale sämtlicher Nutzer ergibt sich zu

$$C \cdot \underline{d}^T$$

wobei die Matrix

5

$$C = \begin{pmatrix} C^{(1)} & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & C^{(K)} \end{pmatrix}$$

die Code-Matrizen aller Nutzer zusammenfaßt.

10

Die Signale werden nach der Modulation erfindungsgemäß linear vorentzerrt. In den Figuren 2 und 3 werden die hier mathematisch getrennt behandelten Schritte der Modulation und Vorentzerrung durch den ersten Modulator 4 vorgenommen. Die Vorentzerrung sei durch die Matrix  $P$  beschrieben.

15

Die resultierenden Sendesignale  $\underline{s}^{(l)}$ ,  $l=1,2$  der ersten Antenne 50 und der zweiten Antenne 55 seien in einem Gesamtsignalvektor  $\underline{s} = (\underline{s}^{(1)}, \underline{s}^{(2)})$  zusammengefaßt mit:

20

$$\underline{s}^T = P \cdot C \cdot \underline{d}^T$$

Der Gesamtsignalvektor  $\underline{s}$  erreicht den  $k$ -ten Nutzer über die zwei Funkkanäle 20, 25 gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Figur 3. Seien durch  $\underline{h}^{(k,l)} = (h_1^{(k,l)}, \dots, h_W^{(k,l)})$ ,  $k=1, \dots, K$ ,  $l=1,2$

25

die Impulsantworten der beiden Funkkanäle 20, 25 zum  $k$ -ten Nutzer bezüglich der Chiptaktfrequenz gegeben.  $W$  ist die Anzahl der Chiptaktperioden über die ein Mehrwegeempfang berücksichtigt wird. Durch den Mehrwegkanal werden die Datenblöcke der Chiptaktlänge  $M \cdot Q$  auf  $M \cdot Q + W - 1$  Chiptakte ausgedehnt. Die letzten  $W - 1$  Chipkarte überlagern dabei die ersten  $W - 1$  Chipkarte des nächsten Datenblocks. Der Demodulator des  $k$ -ten Nutzers empfängt außer dem Mehrwegesignal je Funkkanal 20, 25 i.a. das additive

30

Rauschen  $\underline{n}^{(k,l)} = (n^{(k,l)}_1, \dots, n^{(k,l)}_{M \cdot Q + W - 1})$ ,  $k=1, \dots, K$ ,  $l=1, 2$  der Länge  $M \cdot Q + W - 1$ . Mit den Matrizen

$$H^{(k,l)} = \underbrace{\begin{pmatrix} h^{(k,l)}_1 & 0 & 0 \\ \vdots & \ddots & 0 \\ h^{(k,l)}_W & \vdots & h^{(k,l)}_1 \\ 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & h^{(k,l)}_W \end{pmatrix}}_{M \cdot Q} \left. \vphantom{\begin{pmatrix} h^{(k,l)}_1 & 0 & 0 \\ \vdots & \ddots & 0 \\ h^{(k,l)}_W & \vdots & h^{(k,l)}_1 \\ 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & h^{(k,l)}_W \end{pmatrix}} \right\} M \cdot Q + W - 1$$

$$D = \underbrace{\begin{pmatrix} D_0 & 0 \\ 0 & D_0 \end{pmatrix}}_{2 \cdot M \cdot Q \cdot K} \left. \vphantom{\begin{pmatrix} D_0 & 0 \\ 0 & D_0 \end{pmatrix}} \right\} 2 \cdot M \cdot Q$$

$$D_0 = \underbrace{\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \ddots & 0 & 0 & \ddots & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & \dots \end{pmatrix}}_{M \cdot Q \cdot K} \left. \vphantom{\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \ddots & 0 & 0 & \ddots & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & \dots \end{pmatrix}} \right\} M \cdot Q$$

erhält der Demodulator des  $k$ -ten Nutzers des Systems das Signal

$$\underline{r}^{(k)T} = (H^{(k,1)}, H^{(k,2)}) \cdot D \cdot P \cdot C \cdot \underline{d}^T + \underline{n}^{(k,1)T} + \underline{n}^{(k,2)T}$$

Ein geeigneter Demodulator des  $k$ -ten Nutzers entsprechend Figur 3 kann als einfaches 'matched filter' ausgebildet sein, welches das empfangene Chiptaktkanal mit den CDMA-Codes des gewünschten Datensignals entspreizt. Dieser 'matched filter'-Empfänger (1-Finger-Rake-Empfänger) zum  $k$ -ten Nutzercode  $\underline{c}^{(k)}$

$$R^{(k)} = \underbrace{\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & & \\ \underline{c}^{(k)T} & 0 & \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \underline{c}^{(k)T} \end{pmatrix}}_M \left. \vphantom{\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & & \\ \underline{c}^{(k)T} & 0 & \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \underline{c}^{(k)T} \end{pmatrix}} \right\} M \cdot Q + P - 1$$

demoduliert das Empfangssignal zu

$$\hat{\underline{d}}^{(k)T} = R^{(k)H} \cdot \underline{r}^{(k)T}$$

$R^{(k)H}$  = konjugiert komplexe transponierte Matrix  $R^{(k)}$

Mit den Zusammenfassungen

$$R = \begin{pmatrix} R^{(1)} & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & R^{(K)} \end{pmatrix}$$

$$H = \begin{pmatrix} H^{(1,1)} & 0 & 0 & H^{(1,2)} & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & H^{(K,1)} & 0 & 0 & H^{(K,2)} \end{pmatrix}$$

$$\underline{n} = (\underline{n}^{(1,1)} + \underline{n}^{(1,2)}, \dots, \underline{n}^{(K,1)} + \underline{n}^{(K,2)})$$

erhält man als Gesamtvektor aller demodulierter Signale

$$\hat{\underline{d}} = R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D \cdot P \cdot C \cdot \underline{d}^T + R^H \cdot \underline{n}^T$$

Die  $M \cdot K \times 2 \cdot M \cdot Q \cdot K$ -Matrix  $R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D$  hat i.a den Rang  $M \cdot K$ .

Daher ist  $(R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D) \cdot (R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D)^H$  invertierbar und es existiert

$$P = (R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D)^H \cdot [(R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D) \cdot (R^H \cdot H \cdot D^T \cdot D)^H]^{-1} \cdot \underline{d}^T \cdot \frac{1}{\|C \cdot \underline{d}^T\|^2} \cdot (C \cdot \underline{d}^T)^H$$

5 Mit dieser Wahl wird

$$\hat{\underline{d}}^T = \underline{d}^T + R^H \cdot \underline{n}^T$$

10  $R^H$  liefert also die gesendeten Datensymbole  $\underline{d}^T$  und additives Rauschen. Trotz Verwendung eines sehr einfachen Empfängers enthält das detektierte Signal weder ISI noch MAI. Diese Störungen werden senderseitig durch Vorentzerrung beseitigt.

15  $H$  kann einfach durch die beiden Kanalschätzer 11, 12 der ersten Funkstation 1 geschätzt werden.

## Ansprüche

5

1. Verfahren für die Übertragung von Signalen zwischen einer ersten Funkstation (1) und einer zweiten Funkstation (2), wobei in einem Modulator (4) der ersten Funkstation (1) eine Vorentzerrung der zu übertragenden Signale vorgenommen wird,  
10 dadurch gekennzeichnet, daß die vorentzerrten Signale über mehrere Funkkanäle (20, 25) von der ersten Funkstation (1) an die zweite Funkstation (2) übertragen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  
15 von mehreren Antennen (50, 55) der ersten Funkstation (1) jeweils ein vorentzerrtes Signal abgestrahlt und über je einen Funkkanal (20, 25) an die zweite Funkstation (2) übertragen wird, wobei für jeden Funkkanal (20, 25) eine Schätzung einer Impulsantwort in der ersten Funkstation (1)  
20 ermittelt wird und wobei eine Vorentzerrung des von der jeweiligen Antenne (50, 55) abzustrahlenden Signals in Abhängigkeit der Schätzung der Impulsantworten der Funkkanäle (20, 25) vorgenommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß von  
25 einer Antenne (60) der zweiten Funkstation (2) ein Referenzsignal über die Funkkanäle (20, 25) an die erste Funkstation (1) übertragen wird und daß die Schätzung der Impulsantwort des jeweiligen Funkkanals (20, 25) aus einem  
30 Empfang des Referenzsignals über den jeweiligen Funkkanal (20, 25) in der ersten Funkstation (1) abgeleitet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch  
35 gekennzeichnet, daß von mehreren Antennen (60, 65) der zweiten Funkstation (2) ein von der ersten Funkstation (1)

abgestrahltes vorentzerrtes Signal über je einen Funkkanal  
(20, 25) empfangen wird, wobei in der ersten Funkstation (1)  
eine Schätzung einer Gesamtpulsantwort aller Funkkanäle  
(20, 25) ermittelt wird und wobei eine Vorentzerrung des von  
5 der ersten Funkstation (1) abzustrahlenden Signals in  
Abhängigkeit der Schätzung der Gesamtpulsantwort  
vorgenommen wird, und daß die von den Antennen (60, 65) der  
zweiten Funkstation (2) gebildeten Empfangssignale linear  
kombiniert und anschließend einer Demodulation zugeführt  
10 werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß  
von den Antennen (60, 65) der zweiten Funkstation (2)  
jeweils ein Referenzsignal über den zugehörigen Funkkanal  
15 (20, 25) an die erste Funkstation (1) übertragen wird und  
daß die Schätzung der Gesamtpulsantwort aus einem  
überlagerten Empfang der Referenzsignale in der ersten  
Funkstation (1) abgeleitet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß  
jedes Referenzsignal in Abhängigkeit des für seine  
Übertragung verwendeten Funkkanals (20, 25) mit einem  
Koeffizienten multipliziert wird und daß bei der linearen  
Kombination der von den Antennen (60, 65) der zweiten  
25 Funkstation (2) empfangenen Signale jedes empfangene Signal  
mit dem Koeffizienten des für seine Übertragung verwendeten  
Funkkanals (20, 25) multipliziert wird.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch  
30 gekennzeichnet, daß zwischen der ersten Funkstation (1) oder  
der zweiten Funkstation (2) und weiteren Funkstationen (3)  
über weitere Funkkanäle Signale übertragen werden, wobei die  
mit den Signalen übertragenen Daten unterschiedlicher  
Funkstationen mit unterschiedlichen Codes gespreizt werden,  
35 und daß die Vorentzerrung im Modulator (4) der ersten

Funkstation (1) in Abhängigkeit aller unterschiedlicher Codes und der Übertragungseigenschaften aller Funkkanäle vorgenommen wird.

5 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungseigenschaften der Funkkanäle aus Datenübertragungen der zweiten Funkstation (2) und der weiteren Funkstationen (3) an die erste Funkstation (1) ermittelt werden.

10 9. Funkstation (1) mit einem Modulator (4), wobei im Modulator (4) eine Vorentzerrung von zu übertragenden Signalen erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Antennen (50, 55) vorgesehen sind, von denen eine  
15 Abstrahlung der vorentzerrten Signale über jeweils einen Funkkanal (20, 25) zu einer weiteren Funkstation (2) erfolgt.

20 10. Funkstation (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Kanalschätzer (11, 12) vorgesehen ist, der für jeden Funkkanal (20, 25) eine Schätzung seiner Impulsantwort ermittelt und daß die Vorentzerrung des von der jeweiligen Antenne (50, 55) abzustrahlenden Signals in  
25 Abhängigkeit der Schätzungen der Funkkanäle (20, 25) erfolgt.

30 11. Funkstation (1) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Codegenerator (5) vorgesehen ist, der die mit den Signalen übertragenen Daten mit einem Code spreizt, wobei der Codegenerator (5) den Code in Abhängigkeit einer gewählten Funkverbindung ermittelt, und daß die Vorentzerrung des von der jeweiligen Antenne (50, 55) abzustrahlenden Signals in Abhängigkeit aller aktuell  
35 verwendeten Codes und der Übertragungseigenschaften aller aktuell verwendeten Funkkanäle erfolgt.



12. Funkstation (2) mit mindestens zwei Antennen (60, 65),  
dadurch gekennzeichnet, daß die Funkstation (2) mittels der  
mindestens zwei Antennen (60, 65) vorentzerzte Signale über  
jeweils einen Funkkanal (20, 25) empfängt.

13. Funkstation (2) nach Anspruch 12, dadurch  
gekennzeichnet, daß eine Linearkombination der über die  
mindestens zwei Antennen (60, 65) empfangenen Signale in der  
Funkstation (2) erfolgt, wobei die empfangenen Signale in  
Abhängigkeit der überlagerten Übertragungseigenschaften der  
entsprechenden Funkkanäle (20, 25) vorentzerzt sind, und daß  
die Linearkombination einem Demodulator (7) zugeführt ist.

5

Verfahren für die Übertragung von Signalen zwischen einer  
ersten Funkstation und einer zweiten Funkstation und  
Funkstation

10

Zusammenfassung

15

20

25

Es werden ein Verfahren und Funkstationen für die  
Übertragung von Signalen zwischen einer ersten Funkstation  
(1) und einer zweiten Funkstation (2) vorgeschlagen, bei dem  
der Einfluß von Amplitudenschwankungen bzw. Fading  
verringert werden kann. Dabei wird in einem Modulator (4)  
der ersten Funkstation (1) eine Vorentzerrung der zu  
übertragenden Signale vorgenommen. Die vorentzerzten Signale  
werden über mehrere Funkkanäle (20, 25) von der ersten  
Funkstation (1) an die zweite Funkstation (2) übertragen.

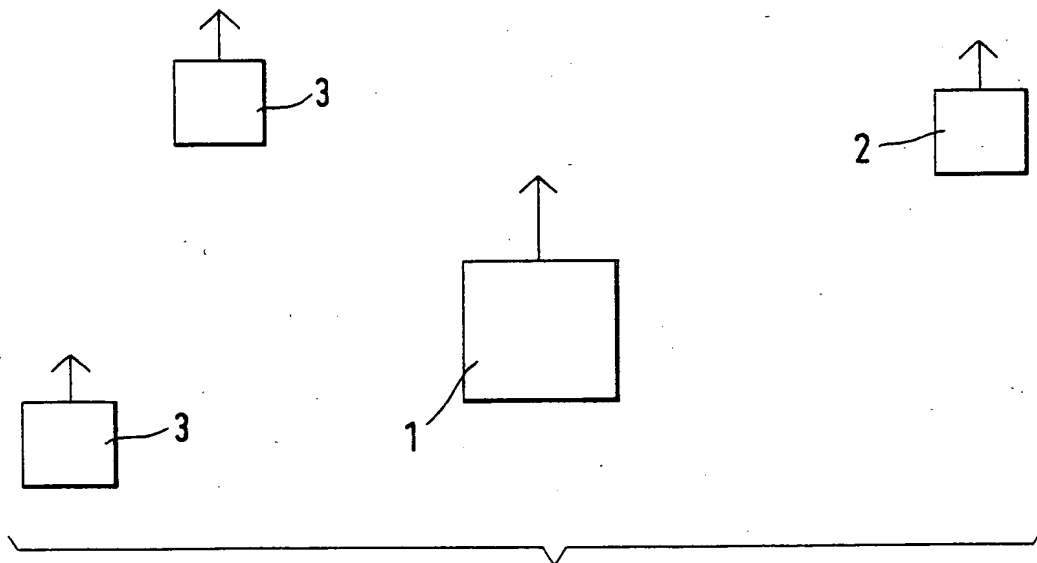


Fig.1

25.

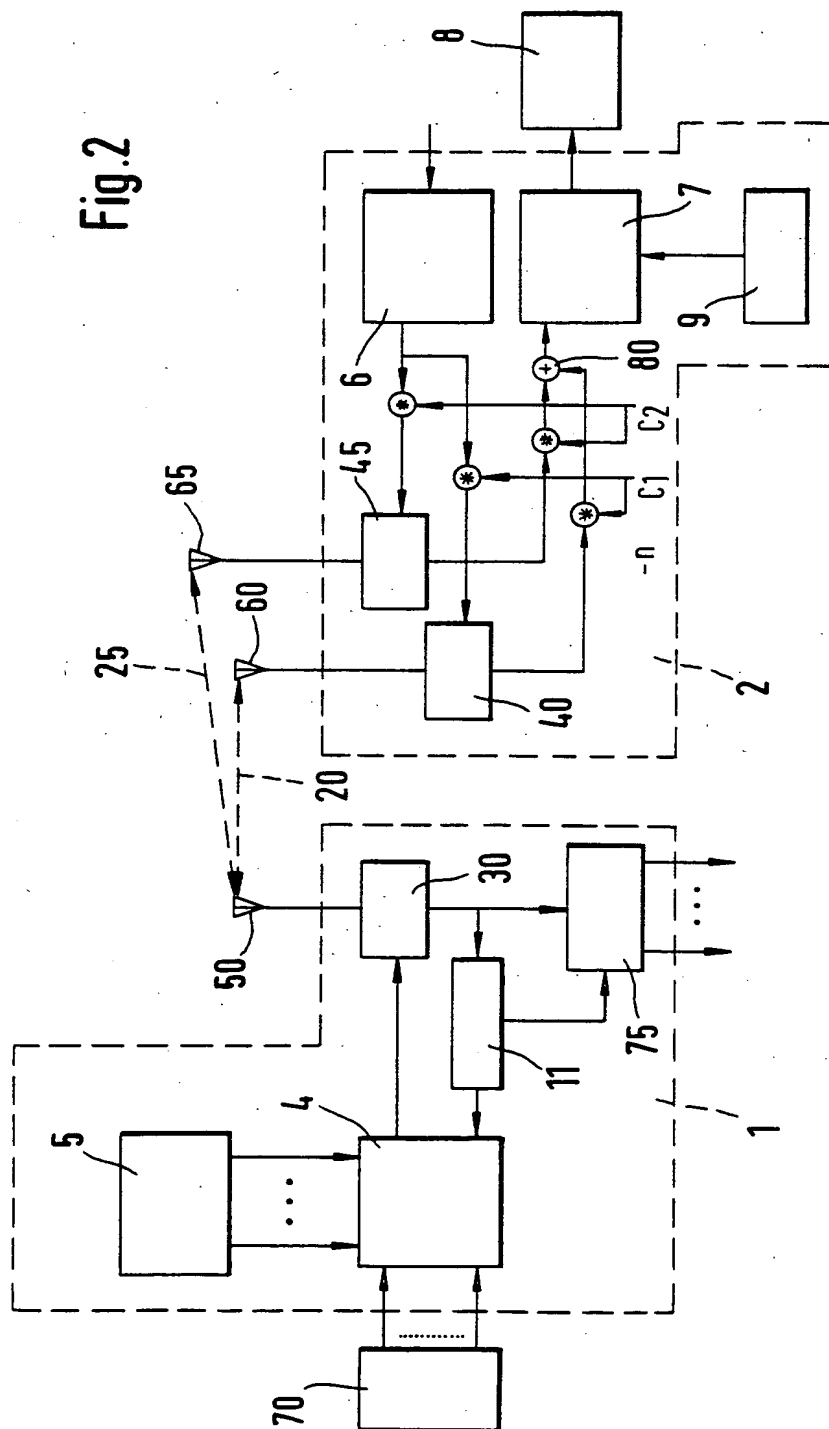
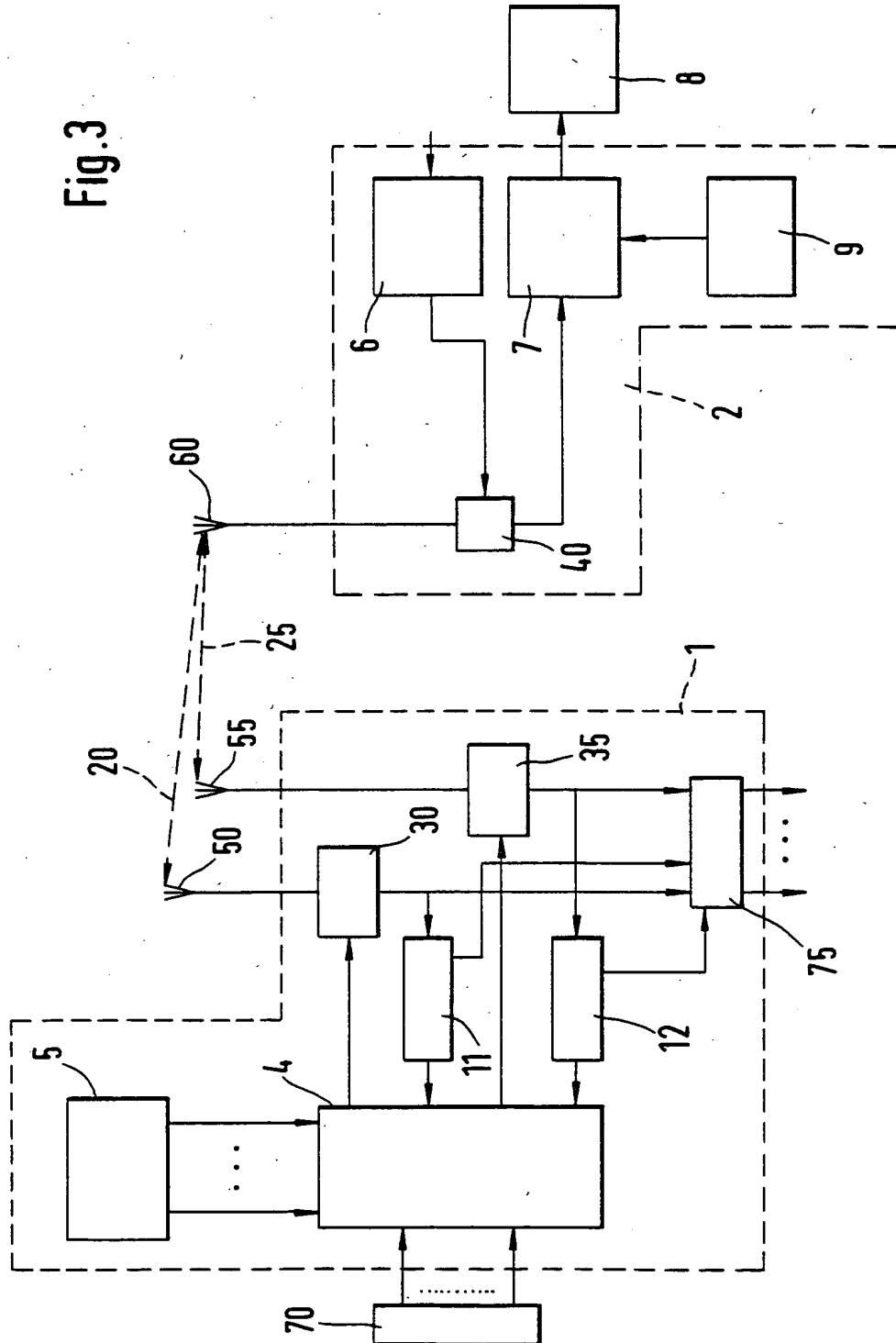


Fig.3



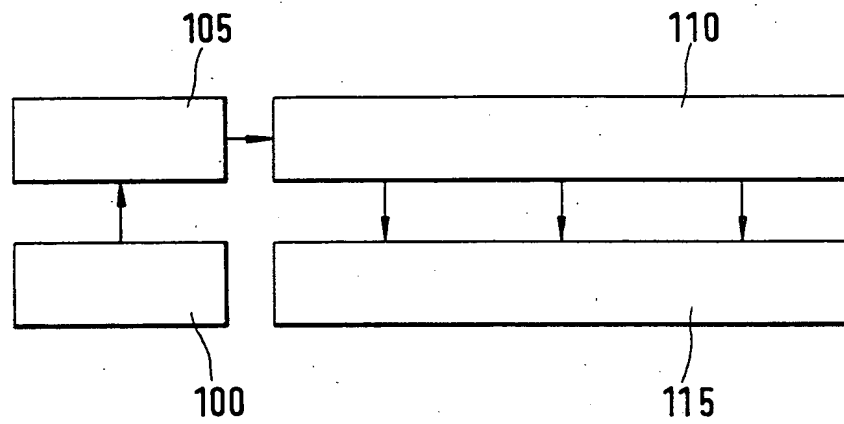


Fig. 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 99/03329

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0776101	A	28-05-1997	DE 19543622 A	28-05-1997
GB 2313261	A	19-11-1997	AU 1782897 A	20-11-1997
			BR 9703357 A	15-09-1998
			CA 2202829 A	17-11-1997
			CN 1170282 A	14-01-1998
			EP 0807989 A	19-11-1997
			HU 9700908 A	28-04-1998
			JP 10117162 A	06-05-1998
			US 5999826 A	07-12-1999
EP 0866567	A	23-09-1998	AU 5829998 A	17-09-1998
			JP 10271051 A	09-10-1998
			SG 63823 A	30-03-1999
FR 2735937	A	27-12-1996	CA 2225800 A	09-01-1997
			DE 69601636 D	08-04-1999
			DE 69601636 T	12-08-1999
			EP 0834225 A	08-04-1998
			WO 9701226 A	09-01-1997